

_____ و _____ ، اجزاء بنیادی جهان مادی هستند. انرژی از راه‌های گوناگون با ماده ارتباط دارد، چنانکه کاهش _____ خورشید موجب تولید _____ می‌شود. «غذا» همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. پیشرفت دانش و فناوری، موجب افزایش تولید فرآورده‌های کشاورزی و دامی و تولید صنعتی غذا شده است. در تولید انبوه، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی، اهمیت به‌سزایی دارد. همچنین در صنایع غذایی، حجم عظیمی «آب» مصرف می‌شود و تأمین غذای جامعه را مشکل‌تر می‌کند.

خود را بیازمایید صفحه ۵۱؛

الف) _____ و در درجه دوم _____ و _____ .

ب) با حذف خوراکی‌های غیر ضروری (مانند چیپس، پفک، نوشابه) تاحدی امکان تأمین هزینه مصرف انواع _____ در سبد خانوار تأمین می‌شود. (!!)

پ)

- توزیع شیر رایگان در مدارس، مهدکودک‌ها، پادگان‌ها و دانشگاه‌ها
- دادن علوفه و داروی دامی با قیمت ارزان به دامدار
- فرهنگ‌سازی مصرف

ت) فرهنگ‌سازی استفاده بیشتر از حبوبات (مصرف عدسی یا آش در وعده صبحانه یا عصرانه)، مصرف انواع حبوبات در سالاد

سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی نشان می‌دهد.

غذا، چیزی فراتر از یک پاسخ به احساس گرسنگی است. مصرف غذا؛

۱. مورد نیاز برای ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی، جابه‌جایی یون‌ها و مولکول‌ها از دیواره هر یاخته را تأمین می‌کند.
۲. _____ اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های مختلف بدن را فراهم می‌کند. (بخش عمده _____ ، _____ و _____ موجود در بدن از غذا تأمین می‌شود.) این فرآیندها وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند، که دمای بدن را نیز تنظیم و کنترل می‌کنند. هر کدام از این واکنش‌ها، «آهنگ» ویژه‌ای دارند.

تغذیه درست، شامل وعده‌های غذایی است که مخلوط منابع از انواع ذره‌ها را در بر می‌گیرد. سوء تغذیه هنگامی رخ می‌نماید که وعده‌های غذایی با کمبود نوع خاصی از این ذرات همراه باشد. از طرفی، افزایش نامناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها در غذا نیز، سبب بیماری خواهد شد.

«غذا، ماده و انرژی»

بدن برای انجام فعالیت‌های ارادی و غیرارادی، به ماده و انرژی نیاز دارد. یکی از راه‌های آزاد شدن انرژی سوخت‌ها (مانند بنزین و ...) «سوزاندن» آن‌ها است. هر ماده غذایی نیز انرژی دارد و میزان انرژی به «جرم» آن بستگی دارد.

دمای یک ماده، از چه خبر می‌دهد؟

دما: کمیتی که میزان _____ و _____ اجسام را نشان می‌دهد.

شکل ۱ صفحه ۵۴: وقتی به ظرف محتوی آب، گرما داده می‌شود، به تدریج _____ آن افزایش می‌یابد تا اینکه سرانجام _____ یا اگر به یخ داده شود، _____ می‌شود. در این حالت‌ها، با گرفتن گرما، _____ ذرات بیشتر شده و دما _____ می‌رود یا _____ ماده عوض می‌شود.

جنبش نامنظم ذره‌ها: گاز ○ مایع ○ جامد / آب گرم ○ آب سرد

دمای بالاتر ← میانگین _____ حرکت ذرات بیشتر ← میانگین انرژی _____ ذرات بیشتر.
یعنی: دمای ماده؛ معیاری برای توصیف _____ تندی و _____ انرژی جنبشی ذره‌های سازنده ماده است.
یکای رایج دما، درجه _____ () اما یکای دما در SI، _____ () است.
ارزش دمایی ۱ درجه سانتی‌گراد برابر ۱ کلوین _____ .
لذا در فرآیندهایی که دما تغییر می‌کند، $\Delta T \circ \Delta \theta$ است.
_____ + _____ = _____
با هم بیندیشیم صفحه ۵۵:

۱. الف) شکل A نمونه‌ای از هوا را در _____ نشان می‌دهد.
ب) شکل B، نمونه‌ای از هوا را در یک روز _____ نشان می‌دهد.
پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک نمونه ماده، هم‌ارز با انرژی گرمایی آن باشد؛ انرژی گرمایی _____ بیشتر بوده زیرا _____ آن بیشتر است.
۲. الف) میانگین تندی مولکول‌ها در ظرف A ○ ظرف B
ب) انرژی گرمایی ظرف A ○ ظرف B (چون _____ آن بیشتر است).
با هم بیندیشیم ۱: _____ یکسان، دمای _____ متفاوت ← انرژی گرمایی متفاوت
با هم بیندیشیم ۲: _____ یکسان، _____ متفاوت ← انرژی گرمایی متفاوت
نتیجه: انرژی گرمایی یک نمونه ماده، هم به _____ و هم به _____ بستگی دارد.
تذکر: چون کار کردن «تعداد ذرات»، آسان نیست می‌توان به جای آن، _____ ماده را در نظر گرفت. چنانکه در فیزیک نیز، انرژی جنبشی از رابطه _____ به دست می‌آید.

تهیه غذا آب‌پز، تجربه تفاوت «گرما» و «دما»

گرما، صورتی از _____ و یکای آن در SI، _____ (_____) است. $(1 \text{ Kgm}^2 \cdot \text{s}^{-2})$
از یکای _____ (_____) نیز برای بیان مقدار گرما در پزشکی و زیست‌شناسی و علم تغذیه استفاده می‌شود.

تعریف ژول:

تعریف کالری:

$$\text{_____ cal} = \text{_____ J}$$

انرژی گرمایی: _____ انرژی‌های جنبشی ذرات ماده / دما: _____ انرژی جنبشی ذرات ماده
انرژی گرمایی و دما، از ویژگی‌های یک «نمونه ماده» و برای توصیف آن «ماده» به کار رود.

«گرمای»

صورتی از _____ است، که از جسم با _____ بالاتر، به جسم با _____ پایین‌تر منتقل می‌شود. داد و ستد گرما، می‌تواند موجب تغییر _____ مواد شود.

گرما، از ویژگی‌های یک «نمونه ماده» _____ و _____ برای توصیف آن «ماده» به کار رود.

هنگامی که به ۲ ماده، گرمای یکسان داده شود، لزوماً به یک اندازه _____ نمی‌شوند.

هنگامی که به ۲ ماده، گرمای یکسان داده شود، لزوماً به یک اندازه _____ نمی‌شوند.

یعنی: دادن گرمای یکسان به دو ماده، لزوماً/حتماً تغییر دمای یکسانی را موجب می‌شود/نمی‌شود. مثال: اگر بخواهیم دمای

آب و روغن زیتون* (با جرم برابر) به یک اندازه بالا رود، باید به آب، گرمای _____ بدهیم.

* الگوی ساختاری «روغن‌ها» با «چربی‌ها» یکسان است اما تفاوت‌هایی در ساختار دارند (مانند پیوند دوگانه بیشتر

در ساختار زنجیر کربنی _____) که موجب تفاوت در _____ و _____ آن‌ها می‌شود. چنان که روغن‌ها در دمای عادی،

_____ و چربی‌ها _____ هستند.

با هم بیندیشیم صفحه ۵۷:

الف) چون _____ موجود در نمونه آب، بسیار _____ از روغن زیتون است. دلیل: موادی چون آب و اتانول، به

دلیل وجود _____ بین مولکول‌های خود، گرمای ویژه بالایی دارند*. (جدول ۱ صفحه ۵۸). دمای آب و روغن

زیتون، به یک اندازه زیاد _____ است. برای افزایش دمای آب به میزان ۵۰ درجه سانتی‌گراد، (نسبت به روغن زیتون) گرمای

_____ جذب شده، پس انرژی گرمایی ظرف محتوی آب، _____ است و تخم مرغ، گرمای _____ دریافت می‌کند. ب)

ظرفیت گرمایی: (C) _____ لازم برای افزایش _____ ماده به اندازه _____ درجه _____ (یا ۱ _____)

$$Q = C\Delta\theta \rightarrow C = \frac{Q}{\Delta\theta} \rightarrow (\text{یکای } C: \frac{J}{K}) \quad C_{H_2O} = \frac{J}{K} \quad C_{il.oil} = \frac{J}{K} \quad C_{ol.oil} = \frac{J}{K}$$

پ) بستگی دارد به _____ ماده و _____ ماده (به خاطر تفاوت در نوع _____ یا نیروهای _____) هرچه

_____ ماده بیشتر باشد، برای رساندن آن به دمای مشخص، _____ بیشتری لازم است.

ت) گرمای ویژه: (c) ظرفیت گرمایی _____ ماده _____ ماده

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow c = \frac{Q}{m\Delta\theta} \downarrow$$

$$(\text{یکای } c: \frac{J}{K \cdot kg}) \quad C_{H_2O} = \frac{J}{K} = \frac{J}{K} \quad C_{ol.oil} = \frac{J}{K} = \frac{J}{K}$$

ث) رابطه C با c:

هر کمیتی که از ویژگی‌های ماده باشد، (میتواند/نمی‌تواند) برای توصیف آن به کار رود.

ظرفیت گرمایی؛ از ویژگی‌های نمونه ماده _____ و می‌تواند/نمی‌تواند برای توصیف آن ماده به کار رود.

گرمای ویژه؛ از ویژگی‌های یک نمونه ماده _____ و _____ برای توصیف آن ماده به کار می‌رود.

۱. _____ می‌یابد. باگذشت زمان، چای، همه/بخشی از انرژی گرمایی خود را به/از محیط می‌دهد/می‌گیرد پس _____ و _____ انرژی جنبشی ذرات آن، _____ می‌یابد. (کاهش _____ و _____ نمونه) دلیل: گرما، از جایی که _____ تر است (دمای _____) به جایی که _____ است (دمای _____) حرکت می‌کند. دمای چای () از دمای محیط () _____ است و با _____ انرژی گرمایی، با آن «_____» می‌شود.
 ۲. گرما را می‌توان هم‌ارز با آن مقدار انرژی گرمایی/دمایی داشت که به دلیل تفاوت در انرژی گرمایی/دمای جاری می‌شود.
 ۳. ماده اصلی تشکیل دهنده هر دو، _____ است، پس به مقدار _____ موجود در آن‌ها توجه می‌کنیم. نان، _____ کمتری دارد، چون _____ شده است، پس _____ با محیط هم‌دمای می‌شود.
- نتیجه: «آهنگ» تغییر دمای مواد مختلف (مبادله _____ با _____) یکسان _____ .**

نکته: هنگام مبادله گرما بین دو «ماده»: (اگر از هدر رفت یا اتلاف گرما چشم‌پوشی کنیم) مقدار گرمایی که ماده با دمای _____ است می‌دهد، $|Q_A| = |Q_B|$ برابر با مقدار گرمایی است که ماده با دمای _____ می‌گیرد. یعنی قدر مطلق _____ مبادله شده در آن دو، _____ است.

تمرین ۱:

جسم A به جرم ۱۰۰ g و دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد را در تماس با جسم B به جرم ۲۰۰ g و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم تا «هم‌دمای» شوند. A و B در چه دمایی، هم‌دمای می‌شوند؟ (بر حسب درجه سانتی‌گراد) (المپیاد شیمی ۸۶)

۱. ۱۸۰ ۲. ۱۶۰ ۳. ۱۵۰ ۴. ۱۴۵

راه اول:

$$|Q_A| = |Q_B| \rightarrow$$

راه دوم (هنگام تغییر فاز قابل استفاده نیست).

$$\theta_{\text{تعادلی}} = \frac{m_1 C_1 \theta_1 + m_2 C_2 \theta_2}{m_1 C_1 + m_2 C_2} = \frac{\sum (mc\theta)}{\sum mc}$$

تمرین ۲: به آلیاژی از تیتانیوم و نیکل به جرم ۲۰۴ گرم، مقدار ۲۱ ژول گرما دادیم و دمای آن 10°C افزایش یافت. به تقریب، چند درصد جرم این آلیاژ را نیکل تشکیل داده است؟ $C_{Ni} = 0.45 (J.g^{-1}.^\circ\text{C}^{-1})$ $C_{Ti} = 0.5 (J.g^{-1}.^\circ\text{C}^{-1})$

۱. ۶/۳۷ ۲. ۲/۴۹ ۳. ۶/۲۸ ۴. ۵/۷۱

جاری شدن انرژی گرمایی

«بررسی کیفی و کمی انرژی مبادله شده بین سامانه و محیط»

سامانه: بخشی از جهان، که — — را در آن بررسی می‌کنیم.

محیط: هرچه — سامانه وجود دارد.

مثال: بررسی مبادله گرما بین یک لیوان آب و محیط:

(معمولاً سامانه با مرزهای مشخصی از محیط جدا می‌شود.)

فرآیند جاری شدن انرژی:

تمرین: مبادلات انرژی را هنگام مصرف بستنی با دمای ۰ درجه سانتی گراد تا هضم آن را بررسی کنید.

فرآیند گرماگیر

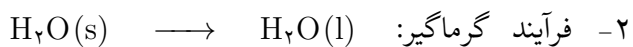
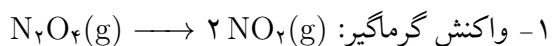
در شرایط هم‌دما ($\Delta\theta = 0$)

جاری شدن انرژی از — به — واکنش یا فرآیند،
برای انجام شدن، گرما می — .

سطح انرژی طرف دوم ○ سطح انرژی طرف اول

○ ○ Q

نماد Q در طرف — نوشته می‌شود:



— سطح انرژی سامانه

فرآیند گرماده

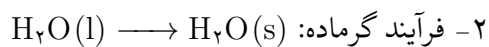
در شرایط هم‌دما ($\Delta\theta = 0$)

جاری شدن انرژی از — به — واکنش یا فرآیند،
برای انجام شدن، گرما می — .

سطح انرژی طرف دوم ○ سطح انرژی طرف اول

○ ○ Q

نماد Q در طرف — نوشته می‌شود:



— سطح انرژی سامانه

هر واکنش شیمیایی، ممکن است با تغییر _____، تولید _____، آزاد شدن _____ و ایجاد _____ و _____ همراه باشد، اما: داد و ستد _____، یک ویژگی بنیادی واکنش‌های شیمیایی است.

ترموشیمی (گرمایشی) به بررسی _____ و _____ گرمای واکنش‌های شیمیایی، _____ آن و تأثیری که بر _____ ماده دارد، می‌پردازد.

بررسی شکل ۳ صفحه ۶۰:

الف) مواد غذایی، پس از گوارش، انرژی لازم برای _____ و _____ یاخته‌ها را تأمین می‌کنند.

ب) _____ سوخت‌ها، انرژی لازم برای حمل و نقل، و نیز گرمایش محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کند.

پ) زغال کک، واکنش‌دهنده‌ای رایج در استخراج آهن، و تأمین‌کننده _____ لازم برای واکنش است.

منبع انرژی در بدن، _____ است. انرژی غذا، پس از انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون، به سلول‌ها می‌رسد. این واکنش‌ها ممکن است گرماده یا گرماگیر باشند اما فرآیند کلی اکسایش گلوکز در مجموع، گرما _____ است. البته دمای بدن تغییر محسوسی _____

دلیل: دمای واکنش‌دهنده‌ها با دمای فرآورده‌ها _____ است ($\Delta\theta$)

درواقع، انرژی آزاد شده در این واکنش، ناشی از تفاوت دمای مواد واکنش‌دهنده و فرآورده _____، بلکه تفاوت میان انرژی _____ مواد و واکنش‌دهنده و فرآورده است.

انرژی پتانسیل در اینجا، به معنای انرژی ناشی از نیروهای _____ ذرات سازنده آن است.

انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، انرژی _____ نام دارد.

انرژی پتانسیل در پیوندهای مختلف، با هم _____ است، چون اتم‌های مختلفی با هم پیوند دارند. مثال:

تفاوت اتم‌های دارای پیوند اشتراکی، موجب تفاوت در نیروهای _____ (این نیروها، شامل «پیوندها» و «نیروهای بین مولکولی» است.) این نیروها، شامل «پیوندها» و «نیروهای بین مولکولی» است. اتم‌ها (در مولکول) و در نتیجه؛ تفاوت در _____ پیوندها است.

انجام واکنش شیمیایی، موجب تغییر در پیوندها یا شیوه اتصال اتم‌ها با یکدیگر، و تفاوت آشکاری در انرژی _____ وابسته به آن‌ها می‌شود؛ که خود را به صورت _____ (ی مبادله‌شده) نشان می‌دهد.

با هم ببیندیشیم صفحه ۶۱: در دو واکنش:

۱. الف) واکنش‌دهنده‌ها یکسان هستند/نیستند ← سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها یکسان _____

فرآورده، یکسان _____ ← سطح انرژی فرآورده در دو واکنش یکسان _____

ب) در واکنش اول/دوم، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها _____ ← پایدارتر

۲. الف) چون سطح انرژی گرافیت و الماس، یکسان _____، (به دلیل تفاوت در نیروهای نگهداری)

ب) _____ پایدارتر است، چون فاصله کم‌تری با فرآورده دارد، گرمای سوختنی _____ دارد.

نحوه اتصال اتم‌های کربن، تعداد و نوع پیوندهای اشتراکی کربن - کربن، در این دو آلوتروپ، و در نتیجه، رفتار شیمیایی آن‌ها (مانند پایداری یا آنتالپی سوختن) متفاوت است.

$$xKJ = g \times \frac{mol}{g} \times \frac{KJ}{mol} = \text{_____} KJ \quad (\text{پ-۲})$$

یخچال صحرایی!

دو ظرف از جنس — داریم که فضای بین آن‌ها از شن خیس پر می‌شود. پارچه‌ای — به عنوان درپوش، تحویه را انجام می‌دهد. آب درون ظرف درونی، به تدریج در بدنه ظرف بیرونی نفوذ می‌کند و — می‌شود: $H_2O() + Q \rightarrow H_2O()$ این فرآیند، گرما — است و گرمای لازم را از سامانه دریافت می‌کند که باعث افت دما و خنک شدن محتویات دستگاه می‌شود.

فرآیندهای تغییر حالت مواد

قث

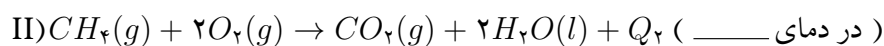
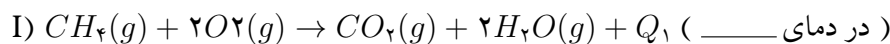
هخثقهخ

عوامل مؤثر بر گرمای واکنش: (یک عامل ثابت، و سه عامل متغیر)

۱. — مواد واکنش (واکنش‌دهنده‌های و فرآورده‌ها): مواد مختلف، سطوح انرژی متفاوت دارند. گرمای واکنش، — سطح انرژی مواد طرف اول و دوم واکنش است. این عامل، متغیر —، چون با تغییر مواد، در واقع، واکنش دیگری داریم.
۲. — و —: تغییر این دو عامل، سطح — واکنش‌دهنده‌ها یا فرآورده‌ها را تغییر می‌دهد.
۳. — واکنش‌دهنده‌ها: سطح انرژی هر ماده، به مقدار آن وابسته — و تغییر مقدار مواد، سطح انرژی آن را نیز تغییر می‌دهد.

تمرین: سوختن هر مول متان، $89. \text{KJ}$ انرژی آزاد می‌کند. با سوختن ۱ گرم متان، چند کالری گرما تولید می‌شود؟

۴. — مواد واکنش: در معادله «ترموشیمیایی»، باید انرژی — در واکنش ذکر شود. حال اگر حالت فیزیک یکی از مواد در واکنش تغییر کند، سطح — آن نیز تغییر می‌کند و در نهایت، گرمای واکنش را تغییر می‌دهد.



H_2O تولید شده در واکنش سوختن متان، ابتدا در دمای شعله است و حالت فیزیکی گازی دارد، اگر مقداری صبر کنیم تا سامانه با محیط، « _____ » شود، H_2O به حالت مایع در می‌آید. این فرآیند (تبخیر/میعان)، خود، گرما _____ است و در رسیدن از I به II مقداری گرما _____ می‌شود. یعنی Q_2 ، از لحاظ عددی، از Q_1 _____ است.

تمرین) گرمای تبخیر مولی آب را برحسب Q_1 و Q_2 به دست آورید:

• ○ = گرمای تبخیر مولی

با هم ببیندیشیم ۳ صفحه ۶۲:

اولاً: میعان، گرما _____ است، پس گرمای واکنش با عدد +/− گزارش می‌شود.

ثانیا: گرمای آزاد شده در میعان و نیز گرمای واکنش هردو، علامت دارند و مجموع آن‌ها با علامت باید از نظر عددی از ۴۸۴ _____ باشد (یعنی عدد _____)

پرسش:

گرمای آزاد شده در کدام حالت، مقدار عددی بیشتری دارد؟ (روش: باید یک طرف کمترین و طرف دیگر بیشترین سطح انرژی را داشته باشد)



«آنتالپی (H)، همان محتوای انرژی است»

هر نمونه ماده، دارای شمار بسیار زیادی «ذره سازنده» است. این ذره‌ها، دارای:

۱- _____ نامنظم (انرژی _____) و ۲- _____ با یکدیگر (انرژی _____) هستند

یک نمونه ماده، با _____ آن در _____ و _____ معین، توصیف می‌شود. مانند ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار معین یک نمونه ماده در یک ظرف، می‌تواند یک _____ به شمار آید.

«انرژی کل» یک سامانه، هم ارز «محتوای _____» یا «_____» آن سامانه است. یعنی: همه مواد، در دما و فشار معین، «_____» مشخصی دارند.

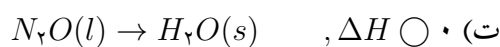
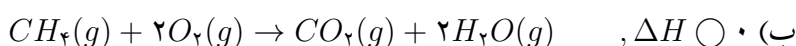
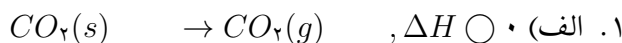
با انجام واکنش شیمیایی، «محتوای _____» یا «_____» مواد، تغییر می‌کند. (مانند نمودار ۵ صفحه ۶۴)

مهم: $Q_p = H_{\text{_____}} - H_{\text{_____}} = H$ واکنش ΔH (آنتالپی)

Q_p به معنای _____ مبادله شده در «_____» است.

مقدار عددی ΔH در یک فرآیند، _____ آن را نشان می‌دهد، اما علامت + یا −، به ترتیب، _____ و _____ بودن آن را نشان می‌دهد.

خود را بیازمایید صفحه ۶۴ و ۶۵:

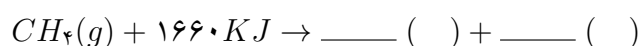


$x(KJ) = \frac{\text{_____} KJ}{\text{_____} mol O_2} \times \text{_____} mol O_2 = \text{_____} (KJ)$

($\Delta H = \text{_____}$) ($\Delta H = \text{_____}$)

انجام یک واکنش شیمیایی، نشانه‌ای از تغییر در _____ اتم‌ها (ذرات) به یکدیگر است، که نتیجه آن، تغییر _____ و به دنبالش تغییر _____ مواد است. یکی از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر می‌کند، محتوای _____ مواد است. مثلاً، یک نمونه گاز هیدروژن، دارای شمار بسیار زیادی _____ دو اتمی است. با صرف _____، پیوند _____ بین اتم‌ها در مولکول می‌شکند و به _____ هایی تبدیل می‌شود که _____ تر و _____ تر هستند. در ترموشیمی، به مقدار 436 KJ ، آنتالپی _____ می‌گویند: $\Delta H (\text{ }) = \bigcirc 436 (\text{KJ.mol}^{-1})$

آنتالپی پیوند: انرژی لازم برای _____ ۱ _____ پیوند در مولکول _____ و تبدیل آن به اتم‌های _____ در مولکول‌هایی که «اتم مرکزی» به چند اتم یکسان با پیوند اشتراکی متصل است، (مانند CH_4) این پیوندهای یکسان، آنتالپی کاملاً یکسان _____! در این حالت، به کار بردن اصطلاح * _____ آنتالپی پیوند، مناسب‌تر است.



$$\Delta H_{(C-H)} = \div = (\text{KJ.mol}^{-1})$$

پرسش) در چند مورد، به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند، مناسب‌تر است؟ _____ مورد

۱. $\text{NH}_3(g)$ ۲. ds ۳. $\text{H} - \text{Br}(g)$ ۴. $\text{H}_2\text{O}(g)$

خود را بیازمایید صفحه ۶۶:

الف) (پیوند _____ شده ← گرما _____) ΔH | پیوندها در جدول ۲ صفحه ۶۵ مربوط به مولکول ۲ اتمی (میانگین هست/نیست).

ب) (پیوند _____ شده ← گرما _____) ΔH | پیوندها در جدول ۳ صفحه ۶۶ مربوط به مولکول‌های چند اتمی (میانگین _____)

تذکر: برای گزارش آنتالپی پیوند، همه ذرات در دو طرف واکنش به حالت _____ و همه فرآورده‌ها باید _____ باشند: (اگر قرار است همه پیوندها شکسته شود).

$$\text{NH}_3(\text{ }) + Q \rightarrow \text{ } (\text{ }) + \text{ } (\text{ })$$

«آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش»

۱) روش محاسباتی برای تعیین ΔH واکنش:

در واکنش شیمیایی، «معمولاً» تعدادی پیوند _____ و تعدادی پیوند جدید _____ می‌شود.

برای «شکستن» پیوند، مقداری انرژی _____ می‌شود (با علامت \bigcirc گزارش می‌شود).

هنگام «تشکیل» پیوند، مقداری انرژی _____ می‌شود (با علامت \bigcirc گزارش می‌شود). (ΔH واکنش، _____ این انرژی‌های _____ شده است).

استفاده از آنتالپی پیوند، برای تعیین ΔH واکنش‌های _____ مناسب‌تر است. (همه مواد در حالت _____)

هرچه مواد واکنش، مولکول‌های _____ داشته باشند، ΔH محاسبه شده، با داده‌های _____ همخوانی بیشتری دارد، و هرچه مولکول‌ها پیچیده‌تر باشند، ΔH محاسبه شده با داده‌های _____ تفاوت‌های آشکار نشان می‌دهد.

۲) استفاده از «آنتالپی پیوند» برای تعیین ΔH واکنش: (خود را بیازمایید ۱ صفحه ۶۷)

ΔH واکنش: [مجموع آنتالپی‌های پیوند _____] - [مجموع آنتالپی‌های پیوند _____]

نکته: در جدول آنتالپی پیوند، همه اعداد علامت \ominus دارند و $\frac{\text{کلوژول}}{\text{مول}}$ علامت \ominus پیش از آنتالپی پیوند فرآورده‌ها، برای آن است که \ominus در \ominus ، \ominus شود. (چون در فرآورده‌ها، پیوندها در حال تشکیل هستند که فرآیندی گرماده است و باید با عدد منفی نوشته شود.)

خود را بیازمایید ۲ صفحه ۶۸ الف)

(ب)

(پ)

تمرین ۱ اگر برای تبدیل ۱ گرم از گازهای متان و اتان، به اتم‌های گازی جدا از هم، به ترتیب ۱۰۳ و ۹۴ کیلوژول انرژی مصرف شود، آنتالپی C-C چند $\frac{KJ}{mol}$ است؟ (H = ۱ و C = ۱۲)

تمرین ۲ به کمک «جدول آنتالپی پیوند»، آنتالپی سوختن کامل اتانول و بنزین را به دست آورید:

خود را بیازمایید ۲ صفحه ۷۰: الف) این دو ترکیب، فرمول مولکولی $\frac{\text{یکسان}}{\text{متفاوت}}$ ، و ساختار _____ دارند.

نتیجه: این دو ترکیب، _____ (هم _____) هستند.

(ب) $\frac{\text{بله}}{\text{خیر}}$ ، چون ساختار آن‌ها یکسان _____.

(پ) $\frac{\text{بله}}{\text{خیر}}$ ، چون تفاوت در _____، موجب تفاوت در _____ از جمله سطح انرژی است.

محتوای انرژی یک ترکیب، در دما و فشار ثابت، علاوه بر «نوع» و «تعداد» اتم‌ها به نحوه _____ اتم‌ها، و «نوع» پیوندهای شیمیایی مربوط است.

آشنایی با گروه‌های عاملی

گروه عاملی؛ _____ منظمی از _____ ها است که به مولکول دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه می‌بخشد.

در گروه‌های عاملی، _____ اتصال اتم‌ها با یکدیگر، یا _____ بین آن‌ها، اهمیت ویژه دارد.

گروه عاملی، در تعیین _____ ترکیبات آلی، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. به عنوان مثال خواص ادویه، به طور عمده وابسته

به ترکیب‌های آلی موجود در آن‌ها است که در ساختار آن‌ها، علاوه بر C و H، اتم‌های _____ و گاهی _____ و

_____ وجود دارد. تفاوت در خواص ادویه، به دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. (گروه عاملی، قسمتی از

ترکیب آلی است که با دیدن آن، می‌فهمیم این ترکیب، _____ نیست!)

آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تامین انرژی

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی شامل _____ ها، _____ ها، _____ ها، _____ و مواد _____ دریافت می‌کند.

از این بین، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، علاوه بر: (۱) تامین _____ اولیه برای سوخت و ساز، (۲) تامین _____ یاخته‌ها نیز هستند.

از این سه دسته، تنها _____ در بدن به _____ شکسته شده و در خون حل می‌شود. _____، قند خون است، خون این ماده را به یاخته‌ها می‌رساند و در آنجا _____ می‌یابد و _____ تولید می‌کند. بدن، بیشتر _____ را ذخیره می‌کند چون انرژی حاصل از اکسایش جرم برابری از آن با دو ماده دیگر، بیشتر است. (جدول ۴ صفحه ۷۰)

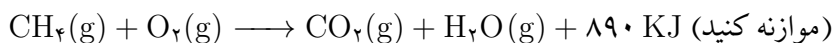
انرژی سوختی: انرژی حاصل از سوختن ۱ _____ از ماده غذایی (یکا: _____) جواب ۵ صفحه ۷۱

تمرین (۱): اگر درصد چربی در ترکیب یک ماده غذایی ۲٪، و درصد پروتئین و کربوهیدرات در آن، به ترتیب ۳ برابر و ۲۴ برابر چربی باشد، ارزش سوختی این ماده غذایی $\frac{KJ}{g}$ است؟ (راهنمایی: جرم ماده غذایی را ۱۰۰ گرم فرض کنید.)

نکته: جرم کربوهیدرات و پروتئین را می‌توان جمع و یکجا محاسبه کرد (چون ارزش سوختی آن‌ها یکسان است.)

تمرین (۲): با گرمای آزاد شده از سوختن ۵۰ g از ماده غذایی تمرین (۱)، چند مول آب ۸۰° را می‌توان به جوش آورد؟ (فرض کنید در این فرآیند، ۲۰٪ هدر رفت انرژی وجود دارد.) $C(H_2O) = 4/2 (J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1})$

سوختن برای تهیه غذای گرم، معمولاً از سوخت‌های _____ استفاده می‌شود. مانند _____ که (عمده) گاز شهری را تشکیل می‌دهد، در حضور اکسیژن کافی می‌سوزد و انرژی زیادی تولید می‌کند:



آنتالپی سوختن: انرژی حاصل از سوختن ۱ _____ از ماده سوختنی (یکا: _____) (جواب ۶ صفحه

۷۱

خود را بیازمایید صفحه ۷۱: $\Delta H_{\text{سوختن}}(1-\text{بوتن}) \simeq -2717 (\text{KJ.mol}^{-1})$ | $\Delta H_{\text{سوختن}}(1-\text{پروپان}) \simeq -2220 (\text{KJ.mol}^{-1})$

پروپان اتان متان
خود را بیازمایید ۲ صفحه ۷۱: الف) ارزش سوختی: اتان ○ اتانول
- ۸۹۰ KJ اینجا تو بکش
آنتالپی سوختن: اتان ○ اتانول



ب)

پ) سوخت‌های سبز، علاوه بر C و H اتم _____ نیز دارند و از پسماند سویا، نی‌شکر یا سایر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند. سوخت سبز برای سوختن، اکسیژن _____ نیاز دارد.

پرسش ①: می‌دانیم که سوختن مواد در دماهای بالا صورت می‌گیرد. چرا در خود را بیازمایید ۱ صفحه ۷۱، سوختن مواد در دمای 25°C مطرح شده است؟

پاسخ: منظور از عدد 25°C روی پیکان در این واکنش‌ها، سوختن در دمای 25°C نیست، بلکه به معنای اندازه‌گیری واکنش در دمای 25°C است.

پرسش ②: سوختن هیدروکربن‌ها در دماهای بالا صورت می‌گیرد، پس چگونه می‌توان آنتالپی سوختن را در دمای 25°C اندازه‌گیری کرد؟

پاسخ: ابتدا، واکنش‌دهنده‌ها را در دمای 25°C وارد سامانه می‌کنیم، پس از انجام واکنش (سوختن) اجازه می‌دهیم فرآورده‌ها _____ شوند و به دمای 25°C برسند. یعنی ابتدا و انتهای واکنش، در 25°C بررسی می‌شود. آنتالپی واکنش نیز با توجه به _____ و _____ واکنش تعیین می‌شود، حتی اگر در _____ به دمایی دیگر برسیم.

(آنتالپی واکنش، تابع مسیر _____). چنانکه در طرح بالا نیز دیده می‌شود؛ اختلاف سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با فرآورده‌ها (در دمای معین)، یعنی همان _____ واکنش، مقدار مشخص _____ و به مسیر پیموده شده ربط _____.

نکات مهم مربوط به جدول ۶ صفحه ۷۱

- ① در اثر سوختن هیدروکربن‌ها و مواد آلی اکسیژن‌دار، گرما آزاد می‌شود. سوخت‌ها، موادی پر انرژی و $\frac{\text{پایدار}}{\text{ناپایدار}}$ هستند و فرآورده‌های سوختن، به نسبت $\frac{\text{پایدار}}{\text{ناپایدار}}$ ترند و این تفاوت، به صورت گرما آزاد می‌شود.
 - ② بین چند آلکان (یا سایر هیدروکربن‌های هم خانواده) آنتالپی سوختن ترکیبی بیشتر است که $\frac{\text{سبک‌تر}}{\text{سنگین‌تر}}$ است. (وقتی مول‌های برابر از چند هیدروکربن هم خانواده بسوزند، آنکه کربن _____ دارد، گرمای بیشتری آزاد می‌کند.)
 - ③ بین چند آلکان (یا سایر هیدروکربن‌های هم خانواده) ارزش سوختی ترکیبی بیشتر است که $\frac{\text{سبک‌تر}}{\text{سنگین‌تر}}$ است. (وقتی جرم‌های برابر از چند هیدروکربن هم خانواده بسوزند، آنکه کربن _____ دارد، گرمای بیشتری آزاد می‌کند.)
 - ④ آنتالپی سوختن ۴ خانواده جدول (هم کربن): _____ < _____ < _____ < _____
 - ⑤ الکل‌های سنگین‌تر، نسبت به الکل‌های سبک‌تر، آنتالپی سوختن _____ و ارزش سوختی _____ دارند.
- (نکته ۲) در مورد الکل‌ها صدق _____ و نکته ○ نه!

اندازه‌گیری گرمای واکنش

دو روش دارد: الف) روش مستقیم (اندازه‌گیری در آزمایشگاه، به کمک ابزار) ب) روش غیرمستقیم (به کمک محاسبه)

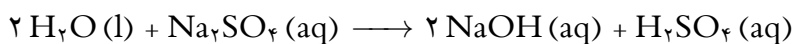
الف) روش مستقیم (گرماسنجی یا کالری‌متری) به روش تجربی، که ابزار آن، **گرماسنج** است. گرماسنج، انواع مختلف دارد و در کتاب درسی فقط به گرماسنج لیوانی اشاره شده است. (ش ۸ صفحه ۷۲)

گرماسنج لیوانی: گرمای واکنش را در _____ ثابت اندازه‌گیری می‌کند. (که به آن، _____ گفته می‌شود).

این گرماسنج، برای تعیین «آنتالپی _____» و نیز آنتالپی واکنش‌ها در حالت «_____» مناسب است.

در این گرماسنج، مقداری آب درون لیوان یک‌بار مصرف (۲ لیوان درون هم) قرار می‌گیرد که تا حد ممکن عایق _____ باشد. درپوش یونالیتی روی آب قرار می‌گیرد و از درون آن، یک دماسنج و یک همزن وارد آب می‌شود تا دما را در کل محلول، تا حد ممکن _____ سازد. با اندازه‌گیری تغییر دما ($\Delta\theta$) در طول فرآیند، می‌توان گرمای واکنش را از فرمول $Q = mc\Delta\theta$ محاسبه نمود.

مسئله: در یک گرماسنج لیوانی، ۲۰۰ mL محلول سود ۱.۰ مولار با ۲۰۰ mL محلول سولفوریک اسید وارد واکنش می‌شود. اگر در پایان واکنش، مقداری اسید واکنش نداده باقی‌مانده و دما به اندازه (7°C) افزایش یافته باشد، آنتالپی واکنش روبه‌رو، چند KJ است؟ (همه گرمای واکنش، صرف بالا بردن دمای محلول شده و چگالی همه محلول‌ها $1 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$ است. گرمای ویژه محتویات گرماسنج، $4 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$ است.)



مسئله: حل کردن ۱۰۰ مول کلسیم کلرید در گرماسنجی حاوی ۵/۰KJ آب، دمای گرماسنج را $1/2^{\circ}\text{C}$ بالا می‌برد. ظرفیت گرمایی گرماسنج، چند $\text{KJ}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ است؟ و اگر در ابتدای واکنش به جای کلسیم کلرید، ۳۰g آمونیوم نترات ۸۰٪ خالص را در آب حل کنیم، دمای مجموعه به تقریب چند $^{\circ}\text{C}$ تغییر می‌کند؟ افزایش می‌یابد یا کاهش؟
(آنتالپی انحلال CaCl_2 و NH_4NO_3 به ترتیب -۲۰۸۵ و ۲۶ کیلوژول بر مول است.)
 $C_{\text{H}_2\text{O}} = 4/2 \left(\frac{\text{J}}{\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}} \right)$

ب) روش غیرمستقیم: گرمای واکنش را می‌توان به کمک محاسبه، و با استفاده از استوکیومتری، آنتالپی تشکیل مواد، آنتالپی پیوند، و قانون هس محاسبه کرد، که در کتاب درسی، به دو مورد آخر پرداخته شده است.

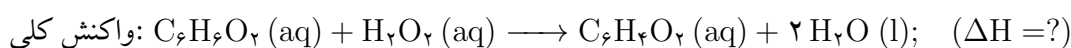
جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، «قانون هس»

آنتالپی بسیاری از واکنش‌ها را نمی‌توان به روش _____ اندازه‌گیری نمود. برخی واکنش‌ها، یک مرحله از واکنشی «_____ مرحله» (پیچیده) هستند، و برخی از آن‌ها، به آسانی انجام نمی‌شوند، (یا اصلاً انجام نمی‌شوند!) در این حالات، برای محاسبه گرمای واکنش، می‌توان از قانون هس کمک گرفت.

براساس «قانون هس»: اگر واکنشی شامل «چند» مرحله باشد، ΔH مراحل آن است.

به بیان دیگر: گرمای یک واکنش معین، به راهی که برای انجام آن پیش‌گرفته، وابسته _____ . روش کار: اگر معادله واکنشی را بتوان از «مجموع» معادله چند واکنش به دست آورد؛ ΔH واکنش کلی نیز از _____ ΔH همان چند واکنش (مراحل) به دست می‌آید.

مثال: حشره‌ای با نام «سوسک بمب‌افکن»، برای دفاع از خود، مخلوطی از مواد داغ را به سمت دشمن پرتاب می‌کند، که این مواد در طرف دوم واکنش کلی دیده می‌شوند. اگر واکنش کلی در واقع شامل سه مرحله با ΔH های گفته شده باشد^۱، ΔH واکنش کلی را به دست آورید.



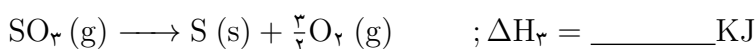
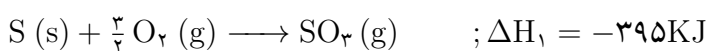
^۱ اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن معرفی شود، به آن، واکنش _____ یا _____ می‌گویند.

توجه: در اکثر موارد، برای آن که از جمع بندی مواد در مراحل مختلف، به واکنش کلی برسیم، لازم است که تغییراتی را در واکنش های مراحل، انجام دهیم. این تغییرات، شامل تغییر در ضرایب، و یا جابه جایی واکنش دهنده ها با فرآورده ها است. مثلاً ضریب ماده ای در واکنش کلی ۲ اما در مراحل ۱ است یا ماده ای در واکنش کلی در طرف اول، اما در مراحل در طرف دوم است.

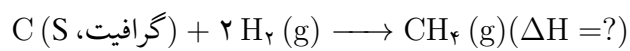
قوانین پایداری:

۱. اگر ضرایب واکنشی n برابر شود، $H\Delta$ واکنش باید در _____ شود.
۲. اگر جای واکنش دهنده (ها) با فرآورده (ها) عوض شود، $H\Delta$ واکنش باید _____ شود (علامت _____ بگیرد).

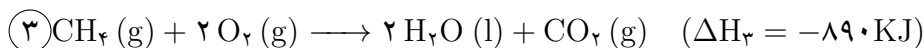
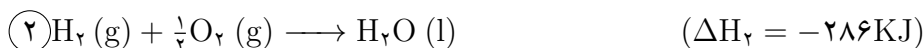
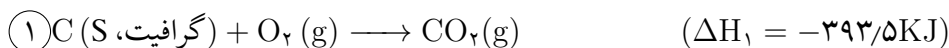
تمرین ۱: با توجه به ΔH_1 در واکنش اول، ΔH_2 و ΔH_3 را به دست آورید:



تمرین ۲: متان، ساده ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده _____ است، و بخش عمده _____ را تشکیل می دهد. متان از _____ گیاهان به وسیله باکتری های بی هوازی «در آب» تولید می شود. نخستین بار، از سطح _____ جمع آوری شده و به گاز مرداب معروف است. برای تهیه این گاز، می توان از واکنش روبه رو استفاده کرد:



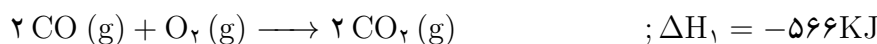
آزمایش ها و یافته های تجربی نشان می دهند که تامین شرایط بهینه برای انجام واکنش بالا، بسیار دشوار و پرهزینه است. برای تعیین ΔH این واکنش، می توان از سه واکنش ترموشیمیایی دیگر بهره گرفت: ΔH واکنش بالا را محاسبه کنید.



تذکر: ترجیحاً هر یک از مواد واکنش را در هر مرحله پیدا کنید که در مراحل دیگر نباشد.

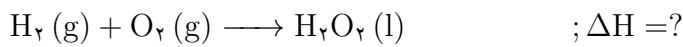
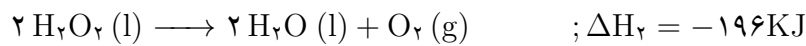
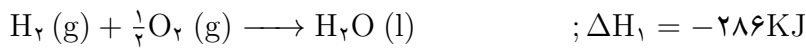
$\Delta H =$ _____

تمرین ۳: آنتالپی واکنش کلی را محاسبه کنید: (خود را بیازماید ۲ صفحه ۷۴)



توجه: واکنش بالا، توسط شیمی دانان هواکرده، و برای تبدیل گازهای آلاینده CO و NO (که از آگزوز خودروها به هواکرده وارد می شوند) طراحی شده تا به گازهایی با آلاینده گی کمتر و پایداری _____ تبدیل شوند.

تمرین ۴: (خود را بیازمایید ۱ صفحه ۷۴) الف)



ب) چون واکنش مستقیم H_2 با O_2 _____ تولید می‌کند که _____ پایدارتر است. H_2O_2 _____ تر است و به _____ تجزیه می‌شود.

تمرین ۵: (خود را بیازمایید ۳) الف) چون واکنش برخورد مستقیم C با O_2 ، همواره _____ تولید می‌کند (CO_2) از CO پایدارتر است. ب)

تمرین ۶ (خود را بیازمایید ۴) الف) _____ پایدارتر است (سطح انرژی _____ دارد). دلیل: تعداد پیوند ۲ مول آمونیاک از ۱ مول هیدرازین _____ است. ب)

غذای سالم

آهنگ واکنش، نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی، در چه گستره‌ای از _____ رخ می‌دهد. آهنگ واکنش، معیاری برای تعیین زمان _____ مواد است. هرچه گستره زمان انجام واکنش، کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام آن، _____ است، و واکنش، _____ تر انجام می‌شود.

برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی:

- روش‌های قدیمی: _____ کردن، تهیه _____ و _____ سود کردن (شکل ۱۰ صفحه ۷۵)
- روش‌های جدید: تخلیه _____ درون بسته‌بندی، _____ و _____

۱. تهیه _____ و افزودن _____ از روش‌های جدید نگهداری مواد غذایی است.

۲. عوامل محیطی مانند _____، _____، _____ و _____ در چگونگی و زمان نگهداری مواد غذایی موثر است.

۳. پودر شدن مواد غذایی، (مانند قاووت) _____ آنها با اکسیژن را افزایش می‌دهد و در نتیجه، سبب فساد ماده غذایی _____ می‌شود.

- واکنش‌های تخریب مواد غذایی، در محیط _____ انجام می‌شود. با خشک کردن، _____ تا حد زیادی حذف و ماندگاری زیاد می‌شود.

- استفاده از اسید خوراکی (ترشی) یا نمک (با _____ مناسب) امکان رشد موجودات ذره‌بینی را کم می‌کند.

نکته: تهیه و تولید سریعتر یا کندتر یک فرآورده (صنعتی، دارویی یا غذایی) بر زمان _____ و آن موثر است.

آهنگ انجام واکنش، در گستره‌ای از _____، با نام _____ واکنش بیان می‌شود. خود را بیازمایید صفحه ۷۶:

الف) کاهش _____ ← کاهش _____ واکنش‌های فساد مواد ← افزایش _____

ب) جلوگیری از اثر مخرب _____ (و سایر امواج _____) بر روغن پ) کردن مغز دانه‌های خوراکی

← _____ سطح تماس مواد غذایی با _____ ← کم شدن _____

مقایسه کیفی سرعت واکنش‌ها (شکل ۱۲) صفحه ۷۸

الف) انفجار، یک واکنش شیمیایی «_____» است.

در انفجار، مقدار _____ ماده منفجرشونده (حالت _____ یا _____)، «حجم» _____ از _____

داغ تولید می‌کند.

ب) تشکیل رسوب، واکنشی «_____» است. مثال:

نام: _____
 $\text{NaCl(aq)} + \text{AgNO}_3(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl()} + \text{NaNO}_3(\text{aq})$

پ) زنگ‌زدن، واکنشی «_____» است.

اشیای آهنی، در خوا _____ زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده، _____ و _____ است و _____ می‌ریزد.

ت) پوسیدن کاغذ، واکنشی «_____» است. کاغذ از _____ تشکیل شده و تجزیه آن به _____ در گذر

زمان، باعث «_____» و «پوسیده شدن» کاغذ از کتاب‌های قدیمی می‌شود.

عوامل موثر بر سرعت واکنش ۱+۴ (۱ عامل موثر اما ثابت) (۴ عامل موثر و متغیر)

① افزایش _____، ② افزایش _____ واکنش‌دهنده(ها)، ③ افزایش سطح _____، ④ استفاده از _____

خود را بیازمایید صفحه ۸۰ و ۸۱

الف) سرعت واکنش پتاسیم با آب (شکل سمت _____) از واکنش سدیم با آب (سمت _____) _____

است. دلیل: خاصیت _____ و _____ پتاسیم از سدیم بیشتر است.^۲

یعنی: تغییر دادن _____، می‌تواند واکنش سریع‌تری به راه بیاندازد.

ب) شعله آتش، آهن موجود در کپسول چینی را داغ و _____ می‌کند اما پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر

روی _____، سبب _____ آن می‌شود. (شکل سمت _____) (تذکر: اندازه ذرات در گرد آهن از براده آهن

_____ است.)

⊛ عامل موثر بر سرعت: افزایش _____ واکنش‌دهنده‌ها

پ) محلول _____ (رنگ) پتاسیم پرمنگنات (aq) _____ با یک _____ آلی در دمای اتاق به _____

واکنش می‌دهد اما با گرم شدن محلول، به _____ بی‌رنگ می‌شود (واکنش می‌دهد) (شکل سمت _____)

⊛ عامل موثر بر سرعت: افزایش _____

ت) الیاف آهن داغ و _____ شده (روی شعله) در هوا ^{می‌سوزد} اما در ارلن پر از اکسیژن _____ (شکل سمت

_____)

^۲ تغییر _____ واکنش‌دهنده (واکنش‌دهنده)، می‌تواند واکنش سریع‌تری به راه اندازد اما نمی‌تواند عاملی برای تغییر سرعت یک واکنش مشخص باشد. (خود را بیازمایید صفحه ۸۰)

ت) الیاف آهن داغ و _____ شده (روی شعله) در هوا ^{می‌سوزد} اما در ارلن پر از اکسیژن _____ (شکل سمت
(_____)

⊛ عامل موثر بر سرعت: افزایش _____

ث) محلول هیدروژن پراکسید (_____ (aq)) در دمای اتاق به _____ تجزیه شده و _____ تولید می‌کند:
 $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) \rightarrow [\text{_____} (\text{aq})] -$